

OPTIMIZACIÓN DE PERFORACIÓN DE GUÍAS NO CONVENCIONALES MEDIANTE USO DE DWC Y MONITOREO EN TIEMPO REAL DE EVENTOS DINÁMICOS

Gabriel Berkovic (g.berkovic@phoenixgr.com), Jose Salcedo (j.salcedo@phoenixgr.com), Ignacio Luna (i.luna@phoenixgr.com) – Phoenix Global Resources; Mariano Guzmán (maguzman@tenaris.com), Dario Codega (dcodega@tenaris.com) – Tenaris;

La necesidad de proyectos cada vez más competitivos exige a los operadores de Vaca Muerta incorporar para la construcción de pozos nuevas tecnologías, o reaplicar aquellas utilizadas de manera exitosa con anterioridad en campos convencionales. Una de ellas es la perforación con Casing (*Drilling With Casing* - DWC) de las secciones guías, la cual comenzó a utilizarse exitosamente en pozos shales de la cuenca Neuquina desde hace más de 10 años.

Esta técnica, que estando mejor consolidada en la región en la perforación de guías 12 ¼" encamisadas con Casing 9 5/8", podía ser aplicada para perforaciones de 16" con el objetivo de conseguir conocidos beneficios de reducción de tiempos y maniobras, traducándose en optimización de costos. Las lecciones aprendidas de la cuenca al perforar con esta configuración trépano de 16" – Casing 13 3/8", sumado a la disponibilidad de trépanos/zapatos perforadores que permitieran hacer el trabajo de llegar a la profundidad deseada en una carrea y minimizar la afectación de secciones siguientes, además de tecnología de monitoreo de eventos dinámicos que contribuyeran a salvaguardar la integridad de los tubulares, permitieron planificar y ejecutar curvas de aprendizaje exitosas en varios operadores de la Cuenca Neuquina.

Es el caso de *Phoenix Global Resources*, compañía que opera las áreas No Convencionales Mata Mora Norte y Sur, donde iniciaron la actividad de perforación a principios de 2022. Allí la arquitectura de pozo utilizada comienza con una sección guía 13 3/8", una primer intermedia de 9 5/8" con un *Liner* 7 5/8", perforando luego una sección de producción que se entuba en 5". Estas guías se perforaron inicialmente de manera convencional, pero a comienzos de 2023 en búsqueda de la optimización del proceso se implementó progresivamente un piloto de perforación DWC para construir las mismas, buscando alcanzar el objetivo de 450/500 m de profundidad.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar el camino recorrido desde las primeras guías perforadas DWC en Mata Mora, los obstáculos superados y resultados obtenidos, y cómo distintas herramientas contribuyeron al éxito del piloto, así como también plantear los desafíos vigentes de resolver y cómo se espera llegar a adoptar el 100% de las secciones de superficie con esta tecnología, y replicarla en otros campos donde *Phoenix Global Resources* escribe su capítulo en la historia de "Vaca Muerta".

Introducción

Como parte de su operación en el área Mata Mora desde el año 2022, Phoenix Global Resources se encuentra en búsqueda sumar tecnologías a la perforación de sus PADs para lograr cada vez un mayor grado de optimización. En la Imagen 1 e Imagen 2 se muestra el diseño de pozo utilizado por la operadora y la ubicación geográfica del área.

Uno de los puntos a abordar era la construcción de guías, donde varios operadores de la cuenca se encontraban utilizando perforación con Casing, y la aplicación en secciones entubadas con 13 3/8" estaba recobrando fuerza. Para ello se planteó un piloto de perforación con este tipo de tecnología en Mata Mora.

La tecnología DWC no es desconocida en la cuenca Neuquina, se viene utilizando la misma desde hace más de 15 años de manera exitosa, sobre todo para las secciones de superficies. Esta técnica que combina los procesos de perforación y entubación en una misma maniobra, otorga beneficios en cuanto a reducción de tiempos, mejoras en la seguridad operativa, e incrementos en la eficiencia operativa en pozos donde se atraviesan zonas con pérdidas de circulación.

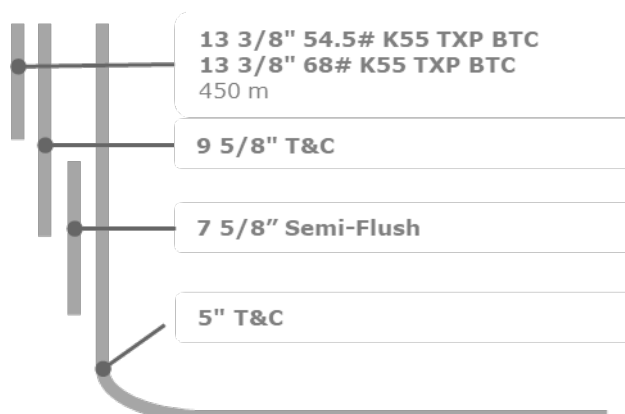


Imagen 1 - Diseño de pozo utilizado en Mata Mora

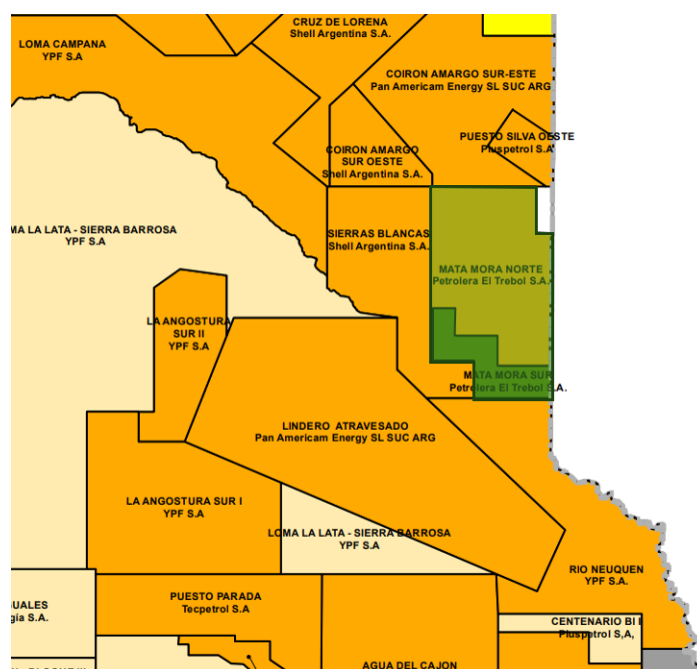


Imagen 2 - Ubicación del área Mata Mora

Sin embargo, la aplicación de esta tecnología debe afrontar los siguientes desafíos:

- Zapato perforador: costo, durabilidad, facilidad para ser perforado por el trépano de la sección siguiente (maniobra conocida como “drill out”).
- Formación: la presencia de canto rodado en los primeros metros de la perforación da como resultado un daño excesivo en el trépano con tecnología PDC, requiriendo utilizar sarta de perforación convencional y trépano tricono para atravesar esa capa.

- Equipamiento: el rig con el que se pretenda aplicar esta técnica requerirá contar con TopDrive y un elemento que permita transmitir la energía desde el mismo a la sarta. Se pueden enumerar Casing Running Tool – CRT, Make-up Quill - MUQ, etc.
- Verticalidad: dado que en la cuenca la perforación se realiza con varios pozos por locación (en “Pad”), donde la separación entre cabezas de pozo suele promediar de 7.5 a 10 m, es menester que la sección guía no se desvie en su trayectoria para evitar la colisión con su pozo vecino. Las empresas operadoras realizan análisis de riesgos, definiendo estrategias y requiriendo al fin de cada sección correr una herramienta para determinar la trayectoria, lo que insume un mayor costo. Se deben tomar cuidados al momento de perforar los primeros metros en cuanto a parámetros operativos a fin de no provocar una desviación que luego se pueda incrementar al seguir avanzado en la profundidad, y en algunos casos se refuerza el diseño de la sarta con centralización.
- Tubulares: más allá de tener que soportar los esfuerzos una vez instalados, se les demanda a las conexiones capacidad de transmitir torque y ser capaces de soportar esfuerzos dinámicos durante la perforación.
 - Si bien existen conexiones que tienen un buen comportamiento frente a fenómenos de fatiga, se ha desarrollado una tecnología que permite hacer un análisis predictivo de la cantidad de vida útil afectada en base a la medición de vibraciones, y determinación de eventos dinámicos nocivos mediante la utilización de inteligencia artificial.

Desarrollo

Como parte de este piloto se requería seleccionar una configuración de sarta y conexión que permitieran realizar el trabajo de manera óptima. Adicionalmente Tenaris propuso la incorporación de la mencionada tecnología de interpretación de parámetros de perforación mediante inteligencia artificial para salvaguardar la integridad de los tubulares y conexiones.

Configuración de sarta

La configuración de la sarta elegida para el primer piloto realizado, se basó en lecciones aprendidas de experiencias de perforación con Casing 13 3/8” y bit de 16” de otros operadores de la cuenca en las cuales se produjeron fallas (Rebasa, y otros 2023):

- Para minimizar el efecto de concentración de fatiga por diferencia de rigidez o “efecto Fulcrum” de los elementos del conjunto de fondo, se eliminó el tubo intermedio entre el zapato perforador y el collar flotador. Este efecto Fulcrum representa para una configuración convencional Zapato-Tubo-Collar-Tubo en una carga de pandeo concentrada localizada en el tubular inferior (menos robusto) debajo del accesorio más rígido (conjunto de collar y cupla), generando un esfuerzo de pandeo magnificado ó *Bending Stress Magnification* (P. R. Paslay 1991). Este efecto se representa en la Imagen 3.
- Para robustecer el conjunto de fondo y realizar una transición de rigidez más progresiva se utilizaron tubulares más pesados (mayor libraje) para la parte inferior de la sarta. Esta solución buscaba reducir el buckling, dejar el punto neutro dentro de la porción de sarta de mayor espesor, e indirectamente incrementar el peso disponible durante los primeros metros de perforación, sin comprometer el ID de perforación disponible para la siguiente sección (a perforar con trépano de 12 1/4”).

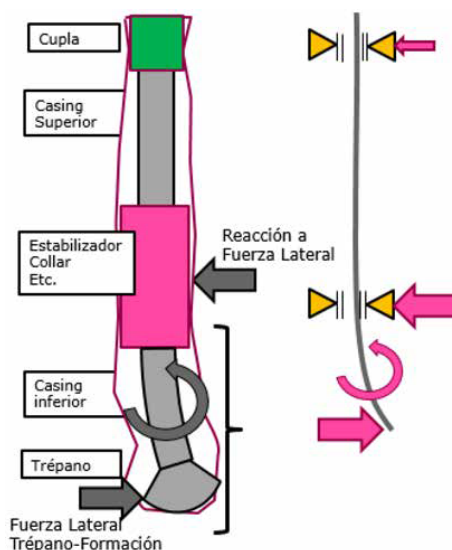


Imagen 3 - Efecto Fulcrum debido a la diferencia de rigidez entre los accesorios

En base al mapa de parámetros propuesto por el operador se calculó cuantos tubos serían necesarios para que el punto neutro de la sarta quedara dentro de la sección de tubos más robusta. Se resolvió entonces colocar 12 piezas de tubulares 13 3/8" 68#, para una guía con una profundidad de 800 metros.

La configuración inicial fue:

- 0 – 600 m: 13 3/8" 54.5# K55 TXP BTC
- 660-800 m: 13 3/8" 68# K55 TXP BTC
- Collar flotador
- Zapato perforador 16"

Mientras se avanzaba en la etapa de planeamiento del PAD, Phoenix Global Resources obtuvo el permiso para acortar la profundidad de la sección de superficie a 450 metros. Es conocido que mientras mayor sea la profundidad de perforación con Casing, más holgada es la cuenta económica y mayores suelen ser los beneficios monetarios. Para esta nueva profundidad, relativamente corta versus las que se estaban perforando en la cuenca (en promedio 750 m), se analizaron aún más detalle cada uno de los componentes a fin de lograr no solo un ahorro de tiempos, sino también de dinero.

Uno de los puntos que se analizó, fue si era realmente necesario contar con la cantidad inicial propuesta de tubulares de mayor espesor: Para las operaciones DWC es muy importante el control del WOB aplicado; existe un riesgo que si no se tiene control de este parámetro se pueda inducir pandeo y una posterior falla del tubular, además de comprometer la verticalidad del pozo. El hecho de colocar tubos con mayor rigidez en la porción inferior de la sarta contribuye a una menor probabilidad de falla, estando esta cantidad diseñada para que el punto neutro se encuentre dentro de esta sección.

Dado que para la perforación de los primeros pozos se iba a contar con una tecnología de medición de vibraciones y determinación de eventos dinámicos, con la capacidad de medir tensión en la sarta, este punto se encontraba inicialmente cubierto, teniendo esta información para complementar con la medición del instrumental del equipo perforador.

Otro factor a considerar era la diferencia de rigidez entre el tubo 13 3/8" 54.5# y el collar flotador, por lo que se optó por incorporar 5 piezas de 13 3/8" 68# a modo de transición de rigidez entre dicho collar y el resto de la sarta. Este cambio en la configuración permitió ahorrar un 5 %, lo cual contribuyó a mejorar la ajustada cuenta económica.

La configuración final adoptada fue entonces:

- 0 – 390 m: 13 3/8" 54.5# K55 TXP BTC
- 390-450 m: 13 3/8" 68# K55 TXP BTC
- Collar flotador
- Zapato perforador

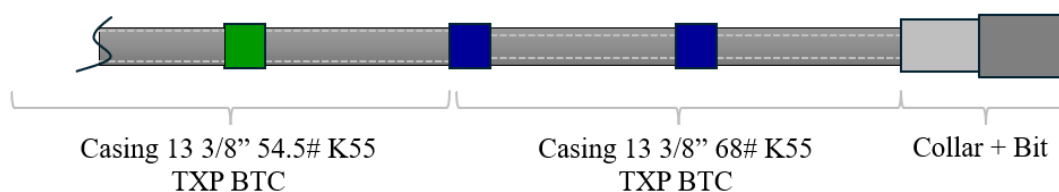


Imagen 4 - Croquis del diseño de sarta adoptado

La selección de un trépano de 16" en vez del 17 1/2" que generalmente se utiliza en la cuenca Neuquina para perforar secciones guías a ser entubadas con Casing 13 3/8", se basa en respetar una relación de 0.8 a 0.85 en la relación entre el OD de Casing y el ID del pozo, para favorecer aspectos como el "wellbore strengthening" (robustecimiento de las paredes del pozo) y favorecer una buena limpieza de los cuttings.

Conexión utilizada

La conexión seleccionada para este proyecto fue una del tipo semi-premium cuplada con hombro de torque compatible con API Buttress.

Tenaris tiene desarrollada una conexión de este tipo para la transmisión de torque en operaciones donde se requiere rotar la sarta. La performance a la fatiga de la conexión se ha validado a través de ensayos a plena escala (FST – Full Scale Tests). Esta conexión fue diseñada para ser compatible con API BTC reduciendo la necesidad de Cross Overs.

El hombro de torque incorporado en la cupla permite:

- Transmitir torque
- Cubrir la zona "J" de la cupla para reducir erosión
- 100% de eficiencia a la compresión.

Esta conexión es la más utilizada para perforación con Casing en Argentina y Bolivia, por su robustez y un excelente costo-beneficio. Para perforar secciones de superficies ("guías") es la única que se está utilizando actualmente con resultados satisfactorios.



Imagen 5 - Conexión TXP® BTC – Cuplada con hombro de torque

Tecnología para medir variables de perforación, monitor de vibraciones y eventos dinámicos

Para este piloto Tenaris proporcionó un nuevo servicio que implementa una herramienta que adquiere información en alta frecuencia (Imagen 6), procesando con inteligencia artificial el modelo, y monitoreando en tiempo real los resultados como fuente adicional de información para toma de decisiones.



Imagen 6 - Torque Tension Sub, dispositivo de medición en alta frecuencia.

Este servicio colabora en identificar riesgos y daño potencial a la sarta de Casing debido a vibraciones y eventos dinámicos nocivos. Al mismo tiempo, permite al perforador conocer y manejar parámetros de perforación como WOB, Torque y RPM dentro de márgenes seguros.

Estos eventos dinámicos mencionados ocurren en la perforación con Casing a niveles de frecuencia mayores a 1 Hz, que es la tasa estándar de muestreo de variables en la unidad de tiempo en equipos perforadores. Esta herramienta tiene la capacidad de medir variables (Torque, tensión, presión, RPM y aceleración en 3 ejes) a una frecuencia de 120 hz, detectando eventos que los actuales sistemas disponibles en el rig no podrían.

Para el piloto de perforación de Phoenix, se utilizó esta herramienta para asegurar que las variables se mantuvieran dentro de márgenes seguros sin comprometer el Casing, más allá de la configuración aplicada previamente mencionada.

El servicio se compone de un Torque-Sub que se instala entre el TopDrive y el CRT, una computadora para procesar la información con un modelo de inteligencia artificial y antenas para comunicación computadora-TorqueSub. Para mantener la premisa de optimización de las maniobras en boca de pozo, se coordinó para enviar el conjunto Torque Sub-CRT pretorqueado desde la base operativa de la compañía a cargo de la entubación y ahorrar tiempos operativos. Así mismo, la instalación de los elementos periféricos se realizó durante tiempos muertos.

Parámetros de éxito del piloto DWC en guías

El equipo de ingeniería de perforación de Phoenix Global Resources definió los siguientes parámetros a evaluar durante la ejecución del piloto:

- ROP general promedio, mayor a 33.3 m/h.
- Comparación de tiempo de evento entre DWC y convencional (desde que se comienza a perforar hasta maniobra de colgado).
- Lodo, lograr una reducción de costo (se utilizaría un lodo con menos aditivos).
- Cemento:
 - o Lograr reducción de costo por menor utilización (trépano convencional 17 ½", zapato perforador DWC 16").
 - o Perfil de cemento acorde.
- Balance económico positivo (se pretendía ahorro de tiempo y económico).
- Verticalidad aceptable.

Primer piloto

La primera experiencia con la tecnología se decidió que se realizaría en un PAD de 4 pozos a perforarse en Octubre de 2023, donde 2 secciones guías se harían con DWC. Se llevaron a cabo reuniones con las distintas compañías involucradas en la perforación, a fin de nivelar la información necesaria para lograr el objetivo.

Como parte de las optimizaciones planteadas, el conjunto Trépano-Collar-Zapato se torqueó en base y se envió al pozo junto con el resto de los tubulares. Esto permite no solo ahorrar tiempo en boca de pozo, sino también una mejora en seguridad por la reducción de la cantidad de maniobras.



Imagen 7 - Conjunto Tubo-Collar-Zapato perforador en locación



Imagen 8 - Conjunto Tubo-Collar-Zapato perforador en base

La primer guía del pad se perforó de manera convencional, para asegurarse que en dicha zona del campo no hubiera presencia de canto rodado u otro tipo de inconveniente que pudiera invalidar la prueba. Posteriormente se perforó la segunda guía DWC, la tercera convencional y la cuarta nuevamente con DWC. Ambas secciones se realizaron de manera satisfactoria, permitiendo alcanzar la profundidad objetivo. A continuación, se presentan los resultados:

		Pozo M M o-2221(h)	Pozo M M o-2223(h)
Configuración String	Fecha operación	15/10/2023	18/10/2023
	Tubería Utilizada	13 3/8" 54.5# K55 TXP 13 3/8" 68# K55 TXP (5 pzas)	13 3/8" 54.5# K55 TXP 13 3/8" 68# K55 TXP (5 pza)
	Trépano utilizado	Prov 1	Prov 2
	Profundidad final (m)	457	464
	Desviación vertical @TD (m)	1,2	3,2
Tiempos	Tiempo total DwC	19,3 hs	26,8 hs
	ROP General (m/h)	23,7	17,3
	ROP <i>On Bottom</i> (m/h)	61,1	46,3
Torques	Máy. Torque TTS(Lb.ft)	31657	32253
	Avg. Torque Drilling (Lb.ft)	7949	6537
Ahorros	Ahorro Lodo (%)	0	32
	Ahorro Cemento (%)	20	20

Tabla 1 – Resultados primer conjunto de pozos

La desviación respecto de la vertical en las guías DWC se mantuvo dentro de parámetros aceptables según el criterio de la operadora.

Un punto importante a destacar es que con la receta aplicada para el *drill-out* del zapato perforador no se evidenciaron complicaciones, ni así tampoco necesidad de carreras adicionales o pérdida de ROP durante la perforación de las secciones intermedias.

Como se observa en la Tabla 2 se logró un ahorro de la etapa guía de 21 horas para el primer pozo y de 14 horas para el segundo, comparando versus la mejor guía convencional de ese PAD.

POZO	M M o-2222(h)	M M o-2221(h)	M M o-2223(h)
Guía	Convencional	DWC	DWC
Bit	-	Prov 1	Prov 2
Profundidad final (m)	459	457	464
Desviación vertical @TD (m)	-	1.2	3.2
Tiempo total perforación (hs)	17	19,3	26,8
Tiempo de evento (hs)	44	23	30
ROP General (m/h)	26.5	23.7	17,3
ROP <i>On Bottom</i> (m/h)	-	61,1	46,3

Tabla 2 – Comparación contra convencional del primer conjunto de pozos

Segunda etapa del piloto

Dado el éxito de la primer etapa, se avanzó en una siguiente parte la prueba tecnológica, en el PAD de cuatro pozos que comenzó en Enero de 2024, con dos guías DWC perforadas.

Como parte de las optimizaciones aplicadas, se redujo de 5 a 3 piezas la cantidad de tubulares de mayor espesor para el conjunto de fondo, manteniendo la premisa de transición de rigidez y control de WOB para evitar pandeo. Además, se incrementó las RPM máximas de rotación para intentar ganar ROP (contando con el respaldo del sistema de monitoreo de vibraciones por si este cambio tenía una repercusión negativa en la integridad de las conexiones).

El resultado de ROP del primer pozo del PAD en esta segunda etapa fue por debajo de lo esperado, presumiblemente por presencia de canto rodado que dañó el zapato perforador. Como medida de contingencia, se decidió realizar un piloto convencional de 53 metros para la segunda guía DWC.

		Pozo M M o-2042(h)	Pozo M M o-2044(h)
Configuración String	Fecha operación	03/01/2024	08/01/2024
	Tubería Utilizada	13 3/8" 54.5# K55 TXP 13 3/8" 68# K55 TXP (3 pzas)	13 3/8" 54.5# K55 TXP 13 3/8" 68# K55 TXP (3 pza)
	Trépano utilizado	Prov 1	Prov 2
	Profundidad final (m)	423	Convencional: 0 - 53 DwC: 53 - 481
	Desviación vertical @TD (m)	2,1	3,8
Tiempo	Tiempo total DwC	37 hs	Perf. conv: 5 hs Running: 1,5 hs DwC: 19,5 hs
	Tiempo total evento	47 hs	38,7 hs
	ROP General (m/h)	11,4	19,2
Ahorros Torques	ROP <i>On Bottom</i> (m/h)	50,8	49,4
	Máy. Torque TTSperf (Lb.ft)	21385	20200
	Avg. Torque Drilling (Lb.ft)	5550	7500
	Ahorro Lodo (%)	24	26
	Ahorro Cemento (%)	20	20

Tabla 3 – Resultados segundo conjunto de pozos

La comparación versus la referencia convencional y la mejor referencia DWC del primer PAD, se presenta a continuación:

POZO	MM o-2222(h) (Ref Convencional)	MM o-2221(h) (Ref DWC)	MM o-2042(h)	MM o-2044(h)
Guía	Convencional	DWC	DWC	DWC
Bit	-	Prov 1	Prov 1	Prov 2
Profundidad final (m)	459	465	423	481
Desviación vertical @TD (m)	-	1,2	2,1	3,8
Tiempo total perforación (hs)	17	19,3	37	19,5
Tiempo de evento (hs)	44	23	47	38,7
ROP General (m/h)	26,5	23,7	11,4	19,2
ROP On Bottom (m/h)	-	61,1	50,8	49,4

Tabla 4 - Comparación contra convencional del segundo conjunto de pozos

Dado el percance de la primer guía DWC con el canto rodado, no logró ahorrar tiempo vs la perforación convencional. La segunda en cambio, a pesar de tener que perforar el piloto convencional, logró reducir el tiempo de evento.

Al igual que el primer PAD, la desviación respecto de la vertical en las guías DWC se mantuvo dentro de márgenes aceptables.

Para la perforación de las secciones intermedias en aquellos pozos donde se había aplicado DWC, al igual que en el primer PAD, tampoco se evidenció pérdida de ROP u otra afectación por *drillout* del zapato.

Resultados del modelo de inteligencia artificial para resguardar la integridad de tubulares y conexiones

Se monitoreó exhaustivamente la operación durante el transcurso de la misma, alertando a los representantes de la compañía operadora y de perforación, en aquellos instantes donde se detectaron riesgos en los estados de perforación. Esta herramienta permitió además actuar sobre el mapa de parámetros original en pos de ganar ROP, realizando pruebas de manera segura en cuanto a la integridad de conexiones. De todos modos, el objetivo principal durante las primeras etapas del piloto era llegar a la profundidad objetivo en una sola carrera más que ganar velocidad de perforación.

A continuación, se presentan los resultados para la primer y segunda guía:

		Pozo MMo-2221(h)	Pozo MMo-2223(h)
<i>Vibraciones</i>	Fecha operación	10/2023	10/2023
	• Low Risk	57,4 %	50,9 %
	• Medium Risk	29,9 %	31,8 %
	• High Risk	12,7 %	17,3 %

Tabla 5 – Resultado de eventos dinámicos del primer conjunto de pozos

El resultado del modelo de inteligencia artificial indica al menos la mitad del tiempo se tuvo una condición de trabajo seguro. La siguiente Imagen 8 corresponde al visualizador del resultado del

segundo pozo a modo ilustrativo. Con esta herramienta se iba controlando en vivo que la combinación de parámetros de perforación más vibraciones se mantuvieran dentro de un margen de trabajo que no afectara la integridad de la sarta. Cuando la condición de riesgo se prolongaba en el tiempo, se daba aviso al representante del operador y perforador para alterar las variables de la operación.



Imagen 9 – Panel de visualización resultados modelo de estados dinámicos de perforación

El segundo PAD (tercer y cuarta guía DWC) muestran valores similares en cuanto a los estados de riesgos, incrementándose levemente la situación de riesgo alto.

		Pozo MMo-2042(h)	Pozo MMo-2044(h)
Vibraciones	Fecha operación	01/2024	01/2024
	• Low Risk	52,6 %	47,3 %
	• Medium Risk	22,0 %	32,7 %
	• High Risk	25,4 %	20,0 %

Tabla 6 - Resultado de eventos dinámicos del segundo conjunto de pozos

Etapas siguientes del piloto

Con la experiencia de los primeros pozos, el equipo de ingeniería de perforación de Phoenix Global Resources decidió avanzar con 2 PADs adicionales, uno con dos guías DWC durante Agosto de 2024 y otro en Diciembre de ese año con la particularidad de que 3 de las 4 guías perforadas utilizaron la tecnología DWC. Las comparativas se muestran a continuación:

POZO	MM o-2222(h) (Ref Conv)	MM o-2221(h) (Ref DWC)	MM o-2092(h)	MM o-2094(h)	MM o-2122(h)	MM o-2123(h)	MM o-2122(h)
Guía	Convencional	DWC	DWC	DWC	DWC	DWC	DWC
490	-	Prov 1	Prov 1	Prov 1	Prov 1	Prov 1	Prov 1
Profundidad final (m)	459	465	423	481	459	479	492
Desviación vertical @TD (m)	-	1,2	1,8	1,3	1,2	2,3	1,9
Tiempo total perforación (hs)	17	19,3	18	16,5	16,8	16,5	13,3
Tiempo de evento (hs)	44	23	21,3	18,5	18,5	18,5	15,3
ROP General (m/h)	26,5	23,7	26,4	29	29,4	29,5	37
ROP On Bottom (m/h)	-	61,1	47,2	58,5	65,7	56,0	51,0
Ahorro Lodo (%)	-	0	35	34	35	33	32
Ahorro Cemento (%)	-	20	20	18	21	22	19

Tabla 7 – Resumen de parámetros de guías DWC posteriores a la segunda etapa

Se observa en la *Imagen 10* como a medida que se recorría la curva de aprendizaje y optimizaban parámetros, se lograban cada vez mejores ROP. En el último pozo del PAD se alcanzó una velocidad de perforación tal, que superó la requerida por el proyecto para obtener ahorros económicos, además de tiempos. En la

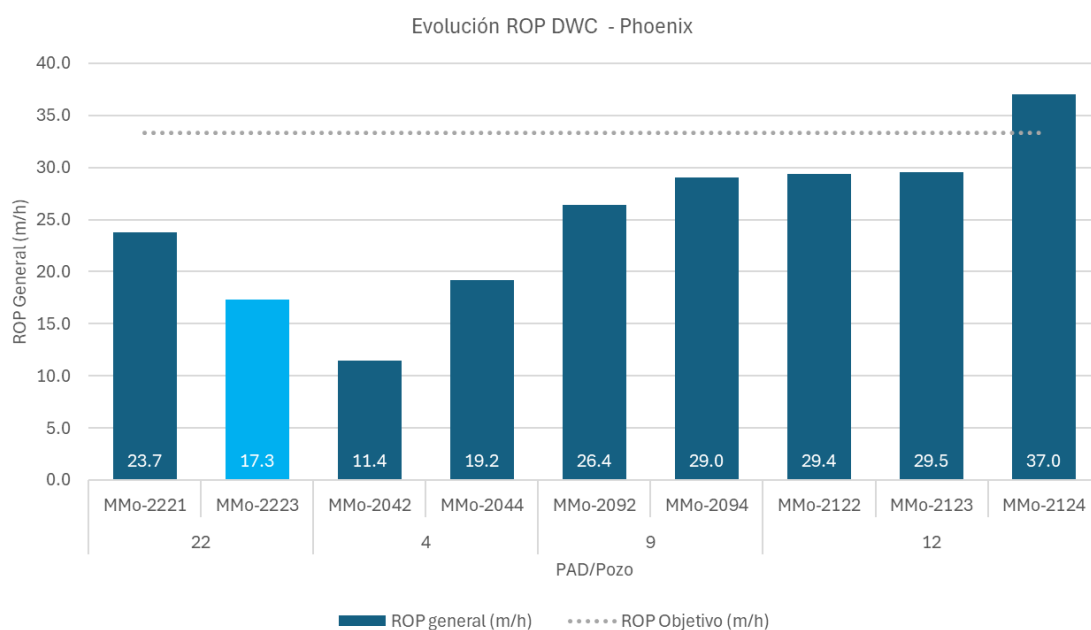


Imagen 10 – Evolución de ROP general expresada en metros/hora.

En la *Imagen 11* se ilustra cómo fue evolucionando el tiempo de evento guía, que contempla desde que se comienza a perforar hasta que se realiza la maniobra de colgado de la tubería (es decir perforación y entubación) comparada con la referencia convencional utilizada en el trabajo, que es la guía del pozo MMo-2222.

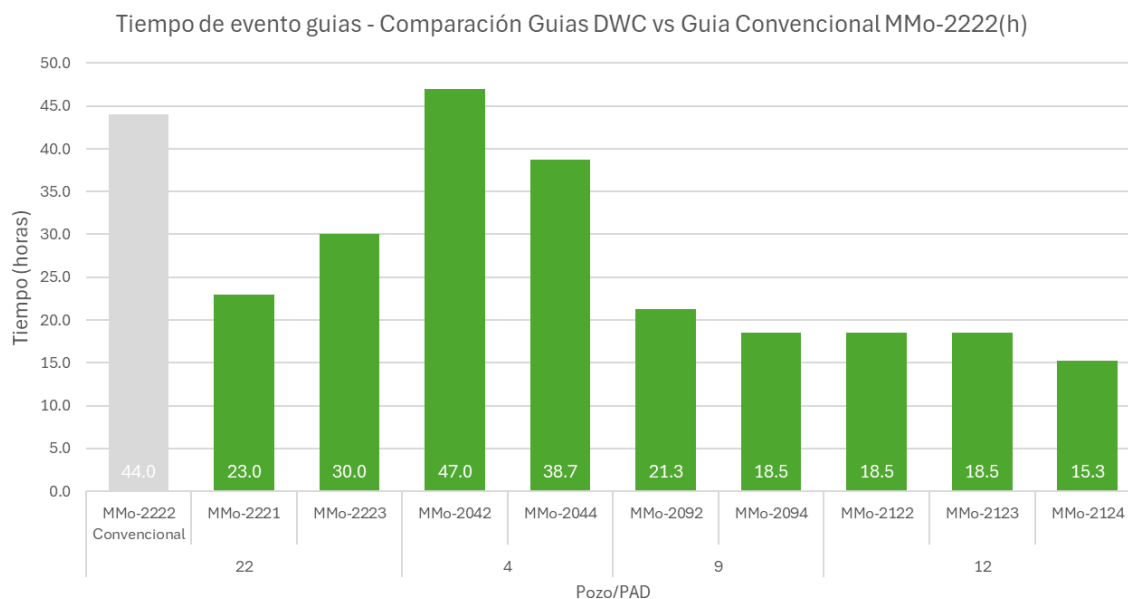


Imagen 11 – Evolución de tiempo de perforación y entubación de guías DWC

Así mismo, se lograron los siguientes ahorros en lodo y cemento:

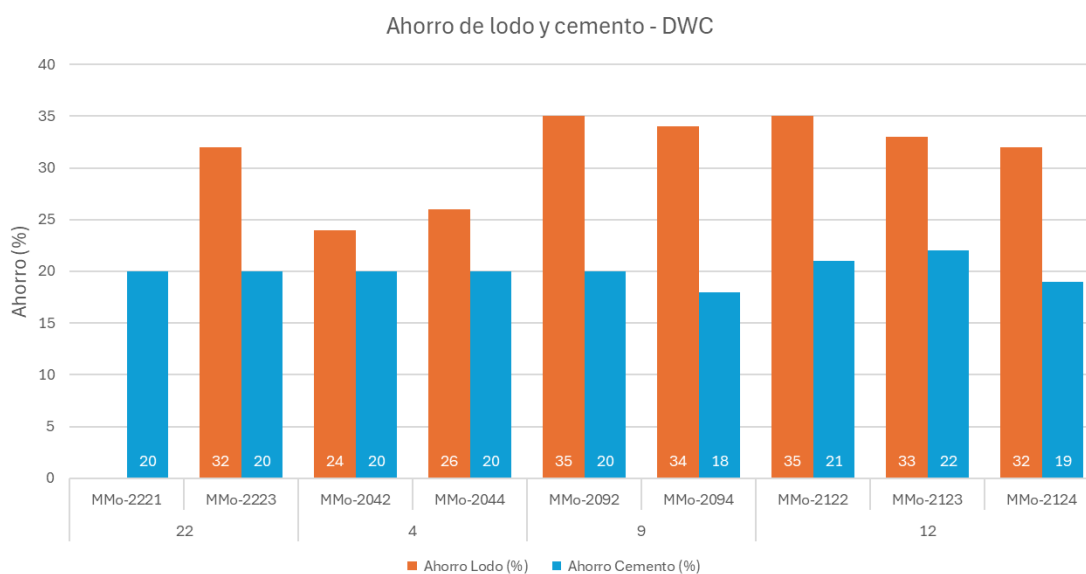


Imagen 12 – Ahorro de lodo y cemento por guía DWC

Desafíos y próximos pasos

Uno de los desafíos a los que se enfrentó el operador, fue la presencia de canto rodado en los primeros 50 metros de la perforación. Es conocido en la industria que este tipo de capas superficiales requiere para su perforación trépanos del tipo tricono, siendo poco apropiado utilizar tecnología PDC dado los daños que provoca en los cortadores y la consecuente pérdida de ROP para las capas siguientes. Esto obliga a realizar pilotos con perforación convencional, lo cual impacta negativamente en la cuenta económica.

Dentro del futuro de la aplicación en Mata Mora de la perforación con Casing se evidencia la necesidad de un mayor *track-record* y confianza con la técnica con Casing de 13 3/8" en el área, para lograr adoptar la misma en el 100% de las guías de cada PAD perforado. Esto conllevaría adicionalmente una simplificación del proceso de construcción de guías, donde por ejemplo facilitaría la utilización de un lodo de perforación menos aditivado que el necesario para la perforación convencional, montar/desmontar CRT y cambiar el doble PIN solamente una vez, evitar tener en espera servicios, etc.

Conclusiones

- Se pudo validar la aplicación de la tecnología de perforación con Casing para guías 13 3/8" en el campo Mata Mora, logrando un sustancial ahorro de tiempo en dicha sección, acompañado por ahorro económico.
- Este tipo de pilotos tecnológicos demanda la perforación de al menos 5/6 pozos para realizar una curva de aprendizaje aceptable y no pecar de invalidar la tecnología ante la mínima falla, como puede ser cuando se destinan únicamente 2 pozos para la prueba. El compromiso de Phoenix con este proyecto permitió construir exitosamente con perforación con Casing las guías de 9 pozos, en 4 PADS distintos, demostrando que la tecnología es apta para Mata Mora y tiene espacio para seguir creciendo.
- La configuración de la sarta elegida fue exitosa, logrando en el 100% alcanzar la profundidad objetivo sin fallas. No se evidenciaron problemas severos en la cementación al no contar con el shoe-track. La verticalidad de los pozos se mantuvo dentro de parámetros aceptables.
- La tecnología de monitoreo de eventos dinámicos a través de la medición de variables de perforación y vibraciones, con procesamiento mediante monitoreo con modelo de inteligencia artificial, contribuyó a que la sarta de perforación alcance la profundidad requerida sin fallas.
- A futuro se debe resolver cómo sortear presencia de canto rodado en algunas zonas de Mata Mora. El operador se encuentra analizando alternativas para evitar tener que recurrir a perforar convencionalmente los primeros 50 metros con trépano tricono.

Bibliografía

- Abrahamsen, Egill. «"Dynamics and Torque Considerations Involved in Top Drive Casing Running Operations.".» *Edited by IADC/SPE. IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition.* . Jakarta, Indonesia:: IADC / SPE, 2008.
- Cristian Bahl, Rodrigo Martín, and Juan Muzzio, YPF S.A, y Nicolás Rebasa, and Federico Mercado, Tenaris. Darío Codega. «Optimization Of Drilling Parameters During Drilling With Casing In Unconventionals.» *SPE Argentina Exploration and Production of Unconventional Resources Symposium.* 2023.
- P. R. Paslay, E. P. Cernocky. «Bending Stress Magnification in Constant Curvature Doglegs With Impact on Drillstring and Casing.» *SPE Annual Technical Conference and Exhibition.* Dallas, Texas, 1991.
- Tenaris. *"Tenaris Running Manual."* *Tenaris Brochures and Catalogues.* n.d. s.f.
<https://www.tenaris.com/en/products-and-services/octg/tenarishydril-running-manual> (último acceso: 6 de 6 de 2025).

Autores:

Gabriel Berkovic

Título y lugar de estudio: Ingeniero en Petróleo, Universidad Nacional del Comahue – Argentina.

Trayectoria: Se desempeñó durante 3 años como consultor de herramientas de ingeniería en Halliburton-Landmark, para luego unirse a YPF donde ocupó roles como ingeniero de perforación, superintendente, y jefe de Ingeniería de Perforación, por 11 años. Desde 2022 trabaja en ingeniería de perforación de Phoenix Global Resources.

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de planificación perforación.

José Salcedo

Título y lugar de estudio: Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina.

Trayectoria: Antes de unirse al equipo de Phoenix Global Resources en 2021, se desempeñó como Ingeniero de Diseño y Direccional en Halliburton; y como jefe de Ingeniería de Perforación de Proyectos Pilotos de YPF por 3 años.

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de operación No Convencional.

Ignacio Luna

Título y lugar de estudio: Ingeniero en Petróleos, Universidad Nacional de Cuyo – Argentina.

Trayectoria: Comenzó su carrera como ingeniero de cementación y fractura en SESASA, para luego rotar al área de Ingeniería en Servicios Integrados. Luego de 5 años, se unió al equipo de Phoenix Global Resources.

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de operación No Convencional.

Mariano E Guzmán

Título y lugar de estudio: Ingeniero Electromecánico, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina.

Trayectoria: Recibido en 2016 en la Universidad Tecnológica Nacional. Se desempeñó dos años en el área de Industrial Management Control, en la planta de Varillas de Bombeo de Tenaris. Desde el 2019 ocupa el cargo de ingeniero de asistencia técnica, basado en Neuquén, trabajando en diseño mecánico de pozos, análisis y selección de materiales, asesoría técnica y otros temas referidos a tubulares con clientes de la cuenca Neuquina y Cuyana.

Cargo actual en la empresa: Technical Sales Senior Engineer.

Dario Codega

Título y lugar de estudio: Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional del Comahue - Argentina, especializado en materiales, metalurgia y soldadura.

Trayectoria: Con más de 19 años de experiencia en la industria de Oil & Gas, actualmente se desempeña como Senior Manager en el área de Technical Sales en Tenaris, para productos Tubulares OCTG y Line Pipe, brindando soporte y asesoramiento en diseño de pozos, selección de productos, materiales, corrosión, selección de conexiones, recubrimientos, etc.

Cargo actual en la empresa: Technical Sales Senior Manager